

공개특허특2001-0000827

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. 6
C30B 29/38

(11) 공개번호 특2001-
(43) 공개일자 0000827
 2001년01월05일

(21) 출원번호 10-2000-0062134
(22) 출원일자 2000년10월21일

(71) 출원인 정세영
 부산광역시 금정구 부곡동 225-6 경남한신아파트 101-201
 주식회사 컴텍스 권용범
 대구광역시 달서구 파호동 93-11
 조재룡
 부산광역시 동래구 사직2동 삼정그린코아아파트 102-1601

(72) 발명자 정세영
 부산광역시 금정구 부곡동 225-6 경남한신아파트 101-201
 조재룡
 부산광역시 동래구 사직2동 삼정그린코아아파트 102-1601

(74) 대리인 구성진

심사청구: 있음

(54) 용융에 의한 지에이엔 단결정 제조방법

요약

본 발명은 단결정 제조방법에 관한 것으로, 외부와 밀폐된 반응용기(1)내에 설치된 도가니내에 촉매인 Na 또는 NaN_3 와 갈륨(gallium)을 혼합한 혼합물을 투입시키는 기초혼합물 형성과정과; 상기 반응용기내에 형성된 가스출입구를 통하여 반응용기내부로 질소가스를 유입시키는 질소가스 유입과정과; 상기 반응용기 내부의 발열체를 발열시켜 도가니에 열을 전달시켜 도가니 내부에 충전된 촉매와 갈륨을 용융시키고, 반응용기 내부로 유입되는 질소가스에 의해 형성되는 내압에 의해 고압이 형성됨과 동시에 질소분위기하에서 GaN 단결정을 성장시키는 단결정 성장과정;을 포함하여 구성되는 용융에 의한 GaN 단결정 제조방법을 기술적 요지로 한다. 이에 따라, 사용 촉매의 용융 과정 및 Ga 금속과, 고압 및 고온의 질소 분위기가 가능한 압력용기 내에서 GaN을 성장시키거나 GaN을 시드(seed)로 사용하여 대구경의 벌크(bulk) GaN 단결정을 성장시킬 수 있는 이점이 있다. 또한 상기 대구경의 GaN 단결정은 디스토크이션(dislocation) 등의 결함을 현저히 줄일 수 있어 MQW(multi quantum well) 다층박막 또는 후막 형성 후, 청색 광원의 발진을 이용한 LED(light emitting diode) 소자, UV-Visible 센서, 대용량 고밀도 집적을 위한 DVD 용 LD(laser diode), 고효율 레이저 하스트(laser host) 등 opto-electronics와 고효율, 고온소자 응용에 핵심 기관으로 이용할 수 있으며, 통상의 반도체 공정에 적용할 수 있기 때문에 생산성을 크게 향상시킬 수 있는 이점이 또한 있다.

대표도

도1

색인어

용융 반응용기 GaN 시드 도가니 단결정

명세서

도면의 간단한 설명

도1 - 본 발명에 따른 GaN 단결정을 성장시키기 위한 고온고압하의 질소분위기의 성장장치를 나타낸 개략도.

도2 - 본 발명의 제1실시예에 따른 GaN 단결정의 광학사진과 edge 부근을 확대한 SEM 단면 사진.

도3 - 제1실시예에 따른 GaN 단결정 성장층의 형성 과정을 나타낸 SEM 사진.

도4 - 제1실시예에 따른 GaN 단결정의 EDX(energy dispersive x-ray) 조성분석도.

도5 - 제2실시예에 따른 GaN 단결정의 실온에서 Photoluminescence 측정도.

도6 - 제3실시예에 따른 실온에서 후방산란법으로 측정한 hexagonal GaN 단결정의 Raman 실험도.

도7 - 제4실시예에 따른 GaN 단결정의 XRD 측정도.

〈도면도 주요부분에 대한 부호의 설명〉

- 1 : 반응용기 2 : 증기 배출구
- 3 : 하부덮개 4 : 전기 공급선
- 5 : 열전대 6 : 절연체
- 7 : 발열체 8 : 도가니
- 9 : 시약누출 방지캡 10 : 절연체
- 11 : 상부덮개 12 : 가스 출입구

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야 종래기술

본 발명은 GaN 단결정의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 촉매의 용융 과정과 Ga 금속을 고압 및 고온의 질소 분위기가 가능한 압력용기 내에서 GaN 단결정 성장 및 GaN 단결정을 시드(seed)로 사용하여 대구경의 벌크(bulk) GaN 단결정을 제조하는 용융에 의한 GaN 단결정 제조방법에 관한 것이다.

일반적으로 GaN 단결정은 실온(300 K)에서 직접전이(direct transition)에 의해 약 3.4 eV의 밴드 갭(band gap)을 가지고 있으며, 청색 발광 다이오드 및 레이저 다이오드에 응용이 가능하며, 상기 응용분야에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있는 실정이다.

통상 질화물 결정은 승화(sublimation) 전 또는 녹기 전에 분해(decomposition)되는 특성을 가지고 있으므로 일반적으로 알려진 용융액(melting solution)으로부터 결정을 성장시키는 것은 거의 불가능하며, 극히 일부 그룹에서 초고압(15~20 kbar), 초고온(1300~1600 °C)의 조건에서 Ga, GaN과 N₂ 기체를 반응시켜 벌크(bulk) 타입의 GaN 단결정을 합성한 바 있으며, 이러한 방법으로 약 100~150 시간 동안 반응시켜 얻은 결정은 $\phi 10 \times 10 \text{ mm}^2$ 정도 크기로는 매우 소형의 단결정에 그치게 되는 문제점이 있다.

또 다른 성장법으로는, NH₃ 분위기에서 콜드프레스(cold pressed)한 GaN 펠렛(pellet)의 승화를 이용해 결정을 성장시키는 방법이 있으나, 0.5 mm 이하의 크기와 길이 방향으로 성장되어 시료의 가공, 연마 그리고 측정에 상당한 어려움이 있다. 이와 유사하게 후막성장 개념으로 900°C~1000 °C의 고온, NH₃

와 H₂의 혼합 분위기에서 Ga를 녹여서 결정을 성장하는 방법이 있으나, 경제적으로는 비효율적이다.

최근에는, 알칼리 금속을 이용한 플럭스(flux)법으로 밀폐된 반응용기 내에서 결정을 성장하는 방법이 소개되고 있는 실정이다. 반응용기는 SUS316의 재질을 사용하여 저온, 저압에서 결정을 성장하고 있으나, 저온용 재질의 사용으로 인한 반응에 의한 오염 및 소형의 단결정 성장에 그치고 있다.

현재까지 응용을 위한 단결정 성장에 대한 보고가 위의 몇 가지 방법으로 이루어지고 있으며, 단결정 성장에 대한 대안으로 사파이어 또는 SiC 단결정 기판 위에 GaN을 분자선 에피택시(MBE) 또는 화학기상 증착(CVD) 법으로 MQW(multi quantum well) 다층 박막 또는 후막(thick film)을 형성하는 것으로 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 근본적으로는 LD 응용을 위한 격자 불일치(lattice mismatch) 및 열팽창 계수(thermal expansion coefficient) 등의 차이에 기인한 디스토크이션(dislocation) 등의 결함(defects)등이 발생하는 문제점이 있다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

따라서, 본 발명은 이러한 기술적 배경 하에서 상기한 문제점들을 해결하기 위해 안출된 것으로, 촉매의 용융 과정과 Ga 금속을 고압 및 고온의 질소 기체가 연속적으로 공급 가능한 압력용기 내에서 GaN을 성장시키는 응용에 의한 GaN 단결정 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

그리고 GaN 단결정을 시드(seed)로 사용하여 대구경의 벌크(bulk) GaN 단결정을 성장시키는 응용에 의한 GaN 단결정 제조방법을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 외부와 밀폐된 반응용기내에 설치된 도가니내에 촉매인 Na 또는 NaN_3 와 갈륨(gallium)을 혼합한 혼합물을 투입시키는 기초혼합물 형성과정과; 상기 반응용기 내부의 발열체를 발열시켜 도가니에 열을 전달시켜 도가니 내부에 충전된 촉매와 갈륨을 용융시키고, 반응용기 내부로 유입되는 질소가스에 의해 형성되는 내압에 의해 고압이 형성됨과 동시에 질소분위기하에서 GaN 단결정을 성장시키는 단결정 성장과정;을 포함하여 구성되는 응용에 의한 GaN 단결정 제조방법을 기술적 요지로 한다.

여기서, 상기 기초혼합물 형성과정은 혼합물에 0.3mm~1.0mm 크기의 GaN 단결정이 시드로 포함되는 것이 바람직하다.

그리고, 상기 도가니는 몰리브덴, 그래파이트(graphite), PBN(poly-crystalline boron nitride) 중 하나로 형성되는 것이 바람직하다.

또한, 상기 기초혼합물 형성과정은 마그네슘(Mg), 소듐(Na), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba) 중 하나가 불순물로 도핑되는 것이 바람직하다.

이에 따라, 질소분위기에서 단결정을 성장시킴에 의해 대구경의 단결정 성장이 가능하며 고온 및 장시간의 열처리로 인해 단결정의 오염이 방지될 뿐만 아니라 고순도의 단결정을 제조할 수 있다는 이점이 있다.

이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명을 상세히 설명한다.

도1은 본 발명에 따른 단결정 성장용 반응용기의 단면도이다.

도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 GaN 은 반응용기내에서 성장하게 된다.

상기 반응용기는 2 kbar 이상의 고압에 견디기 위해, 튜브형 반응용기(1)에 철선을 감았으며, 튜브형 반응용기(1)의 상,하부에는 상,하부덮개(11)(3)를 설치하여 역시 철선을 감도록 구성하였다. 상기 반응용기(1)내부를 1000 °C 이상의 고온으로 유지하기 위해 튜브형의 발열체(7)를 사용하였으며 전원은 외부 전기공급선(4)을 통하여 공급된다.

용기 내부의 온도측정은 열전대(thermocouple)(5)를 사용하였고, 용기가 발열체(7)에 의해 가열되는 것을 방지 하기 위해 절연체(6, 10)를 삽입하였다.

그리고 상기 절연체(6) 상면에는 도가니(8)가 안착되도록 구성되며, 상기 도가니(8) 외주면에는 도가니(8)를 외부와

차단시키는 형태로 이중의 시약누출 방지캡(9)이 설치되어 도가니(8)에서 에서의 시약이 무단 외부누출을 방지시킨다. 여기서 도가니(8)는 고용점 소재인 물리브덴, 그래파이트(graphite), PBN(poly-crystalline boron nitride) 등으로 형성되어 고온하에서도 불순물의 생성을 방지시킨다.

또한 상기 시약누출 방지캡(9)에는 증기 누출 구멍(2)이 형성되어 순간적인 압력의 증가를 완충시킨다. 대구경의 결정성장을 위한 질소 가스의 공급은 자동 조절기가 부착된 컴프레서(compressor)를 이용하여 상기 반응용기의 상면에 형성된 상면덮개에 형성된 가스출입구(12)를 통하여 반응용기 내부에 질소가스를 공급시킨다.

상기의 고온 용기내부에 형성된 도가니(8) 내부에서 GaN 단결정을 성장시킨다.

이하에서 GaN 단결정의 성장과정을 상세히 설명한다.

〈 제1실시예 〉 제1실시예에 따른 기초화합물 형성단계에서는 촉매인 NaN_3 에 Ga를 일정량 첨가한 기초화합물을 사용한다. 여기서 NaN_3

$_3$ 는 3.5mmol이 사용되며, Ga의 양은 NaN_3

$_3/(\text{NaN}_3+\text{Ga})$ (이하 R로 표현)=0.36의 비율이 되도록 NaN_3

$_3$ 와 Ga의 비율을 조절하여 혼합시킨다.

상기의 기초화합물을 도가니(8)에 유입시킨 후 질소가스 유입과정이 진행된다.

질소가스가 유입되면 단결정 성장과정이 진행되는 바, 상기 발열체(7)를 발열시켜 반응용기(1) 내부의 온도를 상승시킨다. 반응용기(1)의 내부온도 상승은 상온에서 대략 700°C까지 상승시키며 온도상승시간은 약 60분정도가 소요된다. 온도가 700°C까지 상승되면 700°C에서 24시간동안 기초화합물을 열처리시킨다. 이때 상기 반응용기(1)내부의 내압은 약 500bar정도가 유지되며 외부에서 질소가스는 계속 공급된다.

즉 반응용기(1)내부의 고온고압하에서 단결정이 성장하는 것이다.

상기의 과정 후 발열체(7)의 발열을 제어하여 상기 반응용기(1)의 온도를 상온으로 하강시킨다. 하강에 소요되는 시간은 약 5시간이 소요되며, 상기의 과정에 의해 GaN 단결정이 완성된다.

도2 또는 도3에 나타난 바와 같이, 단결정은 육각형의 판상이었으며, 결정의 성장은 레이어 단위(layer by layer)로 성장함을 알 수 있다.

그리고 도4는 제1실시예에 따른 단결정의 EDX(energy dispersive X-ray) 조성분석을 나타낸 도이며, 20KeV의 X-선 에너지를 입사하여 측정한 것이다.

도면에 나타난 바와 같이, SEM분석을 위해 증착한 백금(Pt)의 피크는 나타나고 있으나 다른 불순물의 피크는 전혀 나타나지 않고 있음을 알 수 있다. 그리고 Ga와 N에 의한 피크들로부터 계산한 조성은 GaN 이었고, 도가니(8)에 의한 불순물의 유입은 전혀 없다. 즉, 외부의 불순물이 함유되지 않은 GaN 단결정이 성장되었다. 여기서 R의 값이 낮을수록 성장된 단결정의 모양은 판상형보다는 막대형에 가까웠으며, R의 값이 클수록 단결정은 분말형태로 성장함을 알 수 있었다.

〈 제2실시예 〉 제2실시예에 따른 기초화합물 형성단계에서는 NaN_3 는 5.8mmol이 사용되며, Ga의 양은 $R=0.46$ 의 비율이 되도록 NaN_3

$_3$ 와 Ga의 비율을 조절하여 혼합시킨다.

상기의 기초화합물을 도가니(8)에 유입시킨 후 질소가스 유입과정이 진행된다.

질소가스가 유입되면 단결정 성장과정이 진행되는 바, 상기 발열체(7)를 발열시켜 반응용기(1) 내부의 온도를 상승시킨다. 반응용기(1)의 내부온도 상승은 상온에서 대략 750°C까지 상승시키며 온도상승시간은 약 60분정도가 소요된다. 온도가 750°C까지 상승되면 750°C에서 24시간동안 기초화합물을 열처리시킨다. 이때 상기 반응용기(1)내부의 내압은 약 500bar정도가 유지되며 외부에서 질소가스는 계속공급된다.

상기의 과정이 완료되면 발열체(7)를 제어하여 반응용기(1)의 온도를 하강시키는 바 750°C에서 상온까지 하강시키는 데 약 5시간 정도가 소요된다. 상기의 과정에 의해 GaN 단결정이 성장된다.

도5는 제2실시에 따른 단결정의 포토루미네센스(photoluminescence)측정도이며, 측정은 355nm의 입사(primary)레이저광으로 단결정의 PL(photoluminescence) 세기의 변화를 상온에서 360nm~700nm범위에서 측정하였다. 단결정에 대한 PL 세기 측정은 입사 레이저광의 출력을 변화하면서 측정한 것으로 피크위치의 이동 등은 측정되지 않았고 다만, 세기만 다르게 측정되었다. 측정된 결정의 밴드 갭 에너지는 3.41 eV(365 nm)로 보고된 값과 거의 일치하고 있으며, PL의 세기도 충분히 예리(sharp)하며, 최대 반치 폭은 12.7 nm(97.9 meV)로 측정되었다.

여기서 최소의 최대 반치 폭(FWHM)은 $\text{NaN}_3=6.8 \text{ mmol}$, $R=0.56$, 800 °C에서 24 시간 성장시킨 GaN 단결정에서 5.08 nm(39.16 meV) 까지 측정되었다. 이러한 값은 기판으로 Al

O_3 를 사용하여 후막으로 성장한 GaN의 최대 반치 폭 80~130 meV보다 상당히 낮았으며, 초고온, 초고압 하에서 성장된 단결정과 거의 일치하는 값으로 우수한 특성의 단결정임을 알 수 있었다.

〈 제3실시예 〉 제3실시에 따른 기초화합물 형성단계에서는 NaN_3 는 5.8mmol(이하 G1이라 함.) 또는 6.2mmol(이하 G2라 함.)이 사용되며, Ga의 양은 $R=0.46$ 의 비율이 되도록 NaN

$_3$ 와 Ga의 비율을 조절하여 혼합시킨다.

상기의 기초화합물을 도가니(8)에 유입시킨 후 질소가스 유입과정이 진행된다.

질소가스가 유입되면 단결정 성장과정이 진행되는 바, 상기 발열체(7)를 발열시켜 반응용기(1) 내부의 온도를 상승시킨다. 반응용기(1)의 내부온도 상승은 상온에서 대략 800°C까지 상승시키며 온도 상승시간은 약 60분정도가 소요된다. 온도가 800°C까지 상승되면 800°C에서 24시간동안 기초화합물을 열처리시킨다. 이때 상기 반응용기(1)내부의 내압은 약 500bar정도가 유지되며 외부에서 질소가스는 계속공급된다.

상기의 과정이 완료되면 발열체(7)를 제어하여 반응용기(1)의 온도를 하강시키는 바 800°C에서 상온까지 하강시키는 데 약 5시간 정도가 소요된다. 상기의 과정에 의해 GaN 단결정이 성장된다.

도6은 제3실시에 따른 G1,G2 단결정의 라만(Raman)결과 도로서, 라만실험은 상온에서 후방산란법으로 측정되었으며, 도6의 (a)는 G1의 측정결과이며, (b),(c)는 G2의 측정결과이다. 그리고 레이리이법칙(Rayleigh law)에 의해 생성되는 주 피크는 제외되었으며, 성장된 단결정의 구조 및 포논모드(phonon mode) 확인을 위해 파워(power)와 시료 생성 조건의 변화에 따른 라만세기(Raman intensity)를 400~800 cm

$^{-1}$ 의 영역에서 0.5 cm

$^{-1}$ 간격으로 0.4 cm

$^{-1}/s$ 의 스캔비율(scan rate)로 측정하였다. 레이저 빔(Laser beam)은 시료에 조사되어 후방산란 되었으며, 기하학적인 방향은 z()

II

었다. GaN에 대한 라만((Raman) 후방산란 자료에서 육사고날(hexagonal) 결정구조에 기인한 E

$_2$ 와 A1(LO) 모드(mode)의 피크위치는 각각 569 cm^{-1} 와 735 cm^{-1} 로, 큐빅(cubic) 결정구조에 기인한 GaN에 대한 피크는 555 cm^{-1} (TO)와 742 cm^{-1} (LO)으로 보고되어 있다. 따라서 본 실시예에서 성장된 GaN 단결정의 피크 위치가 각각 569 cm

$^{-1}$ (E₂ mode)와 735 cm^{-1} (A1(LO) mode)로 육사고날(hexagonal) 결정구조를 가짐을 알 수 있고, 후술하는 제4실시예에서의 SEM 표면형태 관찰결과 결정이 육각형의 판상으로 성장한다는 결과와 일치하고 있다.

NaN_3 의 함량에 따른 시료의 라만(Raman) 형태는 크게 차이가 없었으며, 레이저(laser)의 출력에 따라서도 큰 변화는 보이지 않고 일정하였다. 따라서 성장된 GaN 결정의 경우, 그 특성에 있어서는 이론적, 실험적으로 보고된 값과

일치하는 순수한 헥사고날(hexagonal) GaN 임을 알 수 있다.

〈 제4실시예 〉 제4실시예에 따른 기초화합물 형성단계에서는 NaN_3 는 4.2mmol이 사용되며, Ga의 양은 $R=0.32$ 의 비율이 되도록 NaN

₃와 Ga의 비율을 조절하여 혼합시킨다. 그리고 도가니내에 0.3mm~1mm정도 크기의 GaN 시드를 혼합 위치시킨다.

상기의 기초화합물을 도가니에 유입시킨 후 질소가스 유입과정이 진행된다.

질소가스가 유입되면 단결정 성장과정이 진행되는 바, 상기 발열체(7)를 발열시켜 반응용기(1) 내부의 온도를 상승시킨다. 반응용기(1)의 내부 온도 상승은 상온에서 대략 800°C까지 상승시키며 온도상승 시간은 약 60분정도가 소요된다. 온도가 800°C까지 상승되면 800°C에서 24시간동안 기초화합물을 열처리시킨다. 이때 상기 반응용기(1)내부의 내압은 약 500bar정도가 유지되며 외부에서 질소가스는 계속공급된다.

즉 반응용기(1)내부의 고온고압하에서 단결정이 성장하는 것이다.

상기의 과정 후 발열체(7)의 발열을 제어하여 상기 반응용기(1)의 온도를 상온으로 하강시킨다. 하강에 소요되는 시간은 약5시간이 소요되며, 상기의 과정에 의해 GaN 단결정이 완성된다.

상기의 과정에 의해 GaN 시드를 중심으로 단결정이 성장되며 성장된 단결정의 크기는 약 5mm 정도의 크기이며 단결정은 투명하거나 옅은 갈색이었다. 도7은 제4실시예에 따른 GaN 단결정의 XRD(X-ray diffraction)측정도로서, 30 mA, 40 KV의 출력으로 X-선을 결정들에 집적 입사시켜 얻은 회절 파크는 (002), (004) 두 개였으며 각각 $2\theta=34.606^\circ$, 72.944° 에 대응하였고, $2\theta=34.606^\circ$ 의 최대 반치폭은 0.28° 이었다. 분말의 회절형태로부터 계산한 단결정의 격자상수는 $a=0.3185(1)$, $c=0.5173(3)$ nm인 헥사고날 시스템(hexagonal system)으로 공간군이 P6

₃mc였다. 여기서 단결정은 NaN

₃의 양이 증가 할수록(<8 mmol), 온도가 높아질수록(<850 °C), 반응시간이 길수록(24~100 시간), 단결정은 판상으로 크기가 증가하였고, 최대 반치폭은 0.11° 까지 감소하였으며, 결정의 품질도 향상되었다.

발명의 효과

상기의 구성에 의한 본 발명은, 사용 촉매의 용융 과정 및 Ga 금속과, 고압 및 고온의 질소 분위기가 가능한 압력용기 내에서 GaN을 성장시키거나 GaN을 시드(seed)로 사용하여 대구경의 벌크(bulk) GaN 단결정을 성장시킬 수 있는 효과가 있다.

또한 상기 대구경의 GaN 단결정은 디스로케이션(dislocation) 등의 결함을 현저히 줄일 수 있어 MQW(multi quantum well) 다층 박막 또는 후막 형성 후, 청색 광원의 발전을 이용한 LED(light emitting diode) 소자, UV-Visible 센서, 대용량 고밀도 집적을 위한 DVD 용 LD(laser diode), 고출력 레이저 하스트(laser host) 등 optoelectronics와 고출력·고온소자 응용에 핵심 기판으로 이용 할 수 있으며, 통상의 반도체 공정에 적용할 수 있기 때문에 생산성을 크게 향상시킬 수 있는 효과가 또한 있다.

(57) 청구의 범위

청구항1

외부와 밀폐된 반응용기내에 설치된 도가니내에 촉매인 Na 또는 NaN_3 와 갈륨(gallium)을 혼합한 혼합물을 투입시키는 기초혼합물 형성과정과;상기 반응용기내에 형성된 가스출입구를 통하여 반응용기내부로 질소가스를 유입시키는 질소가스 유입과정과;상기 반응용기 내부의 발열체를 발열시켜 도가니에 열을 전달시켜 도가니 내부에 충전된 촉매와 갈륨을 용융시키고, 반응용기 내부로 유입되는 질소가스에 의해 형성되는 내압에 의해 고압이 형성됨과 동시에 질소 분위기하에서 GaN 단결정을 성장시키는 단결정 성장과정;을 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 용융에 의한 GaN 단결정 제조방법.

청구항2

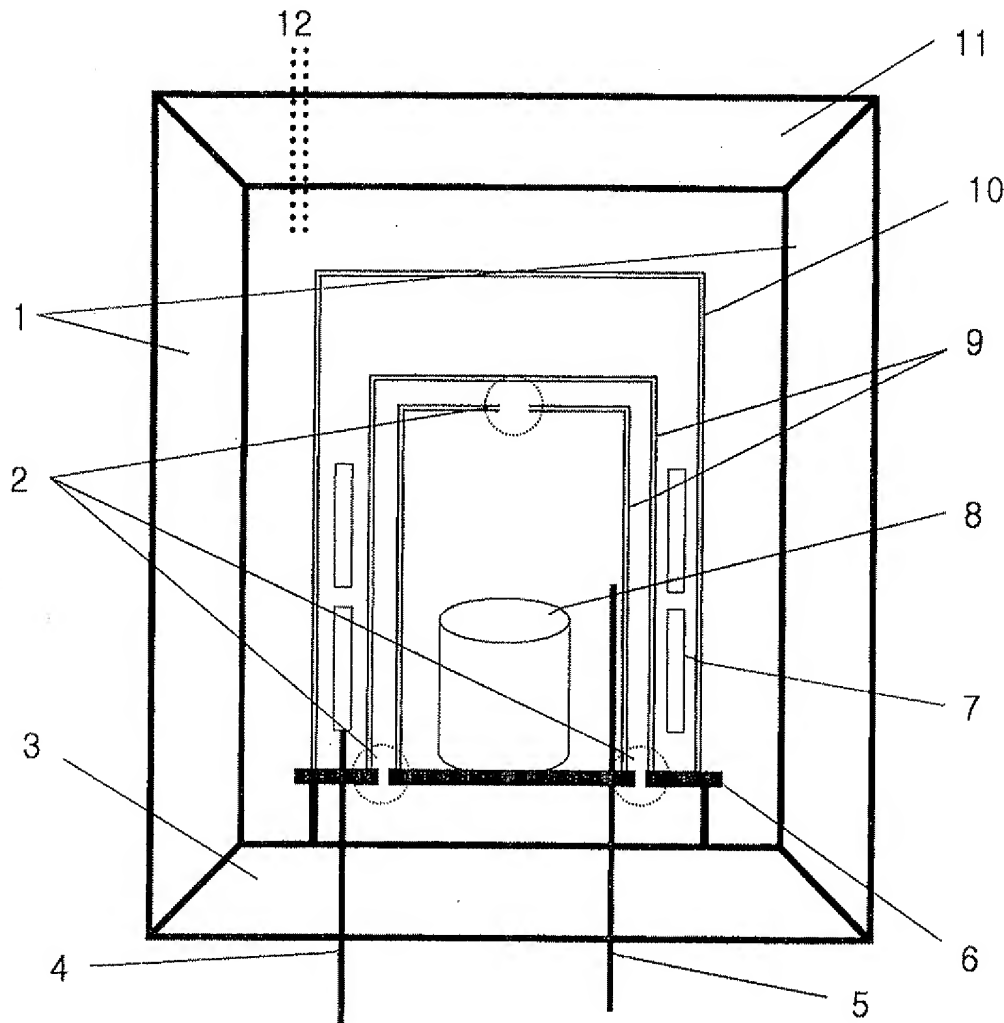
제1항에 있어서, 상기 기초혼합물 형성과정은 혼합물에 0.3mm~1.0mm 크기의 GaN 단결정이 시드로 포함됨을 특징으로 하는 용융에 의한 GaN 단결정 제조방법.

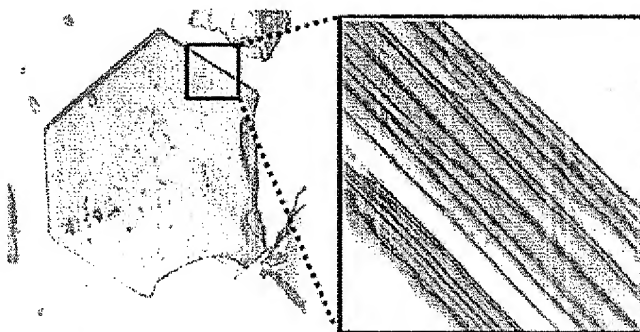
청구항3

제1항에 있어서, 상기 도가니는 폴리브텐, 그래파이트(graphite), PBN(poly-crystalline boron nitride) 중 하나로 형성됨을 특징으로 하는 용융에 의한 GaN 단결정 제조방법.

청구항4

제1항에 있어서, 상기 기초혼합물 형성과정은 마그네슘(Mg), 소듐(Na), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba) 중 하나가 불순물로 도핑됨을 특징으로 하는 용융에 의한 GaN 단결정 제조방법.

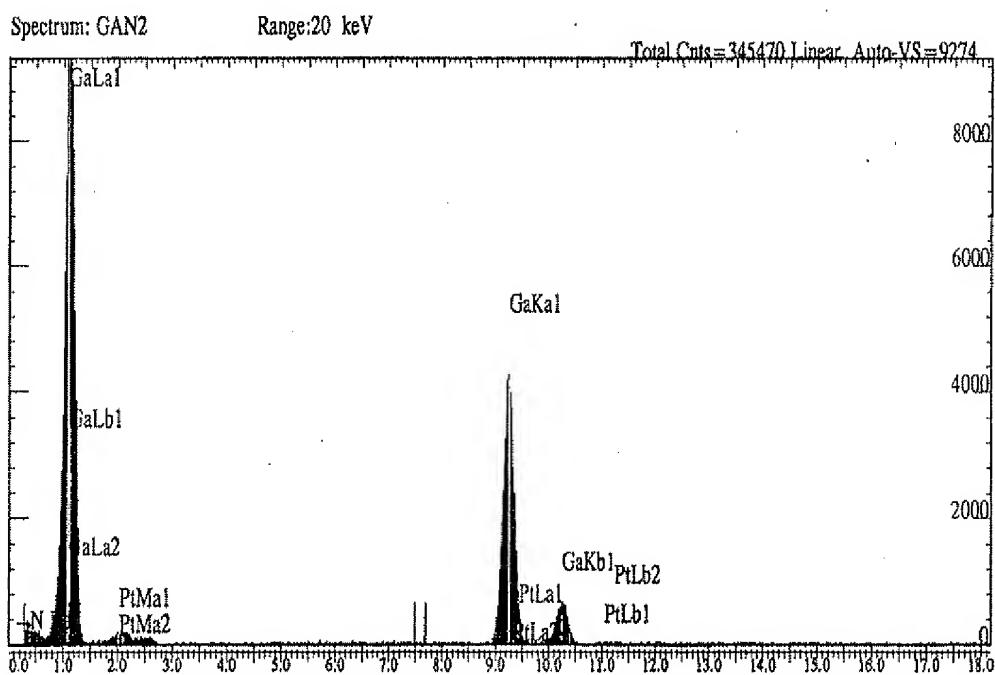
도면**도면1****도면3**



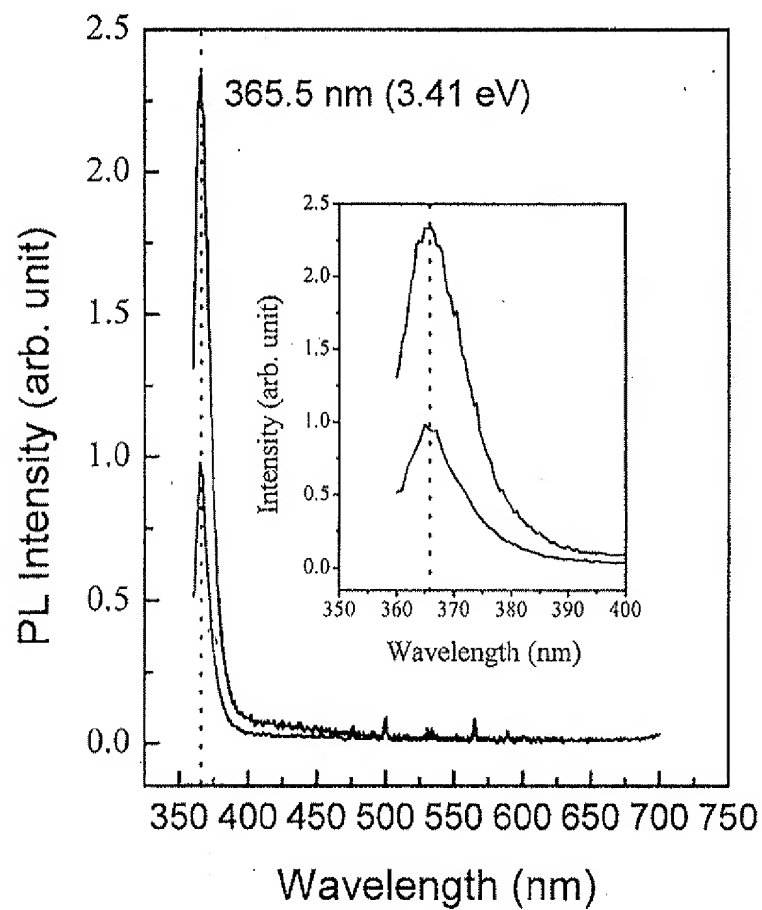
도면4



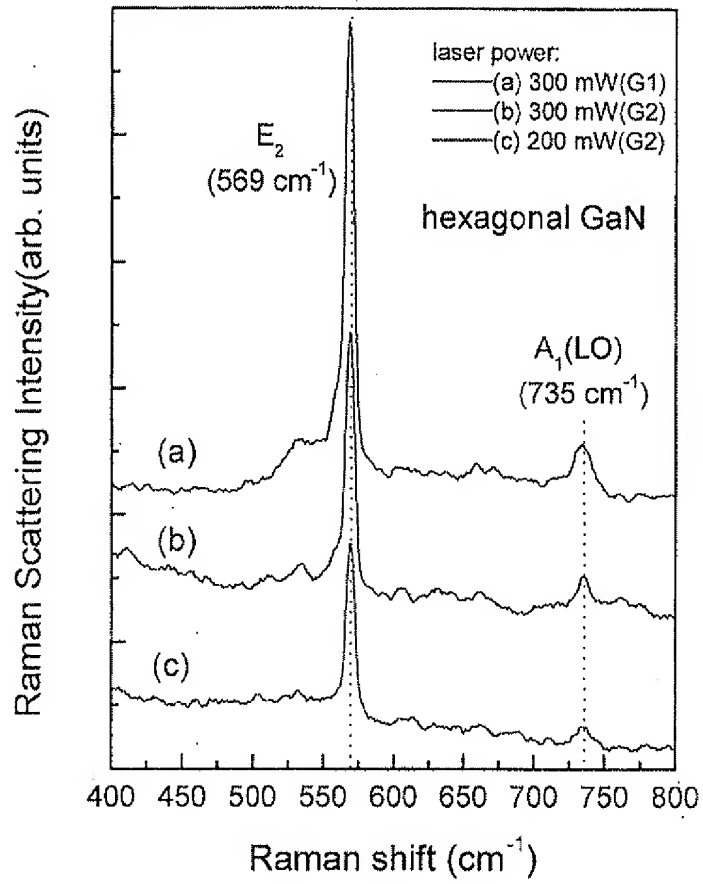
도면4



도면5



도면6



도면7

